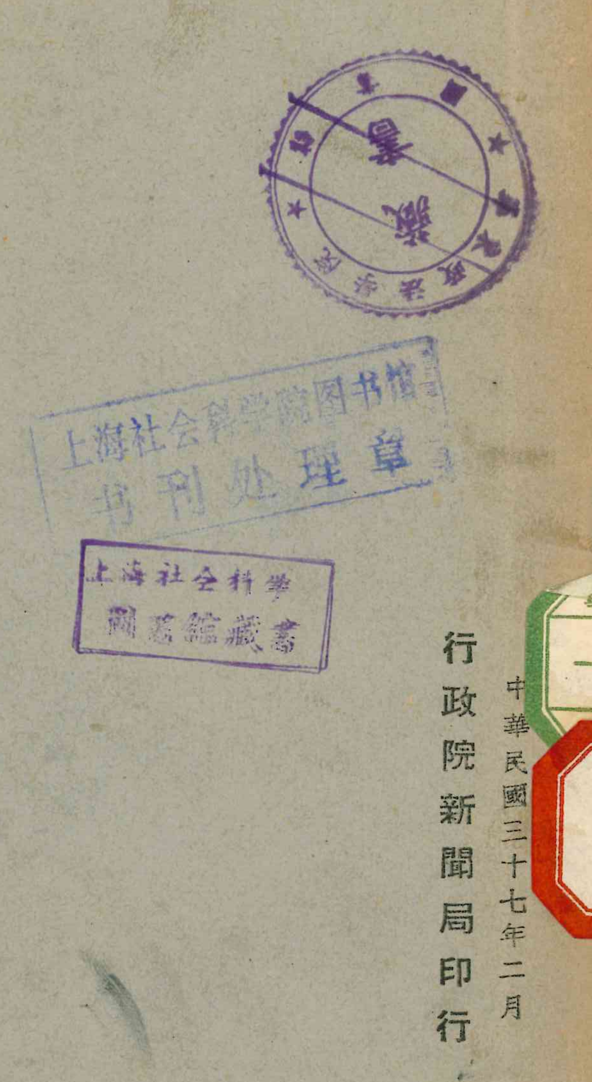
水利航空測量



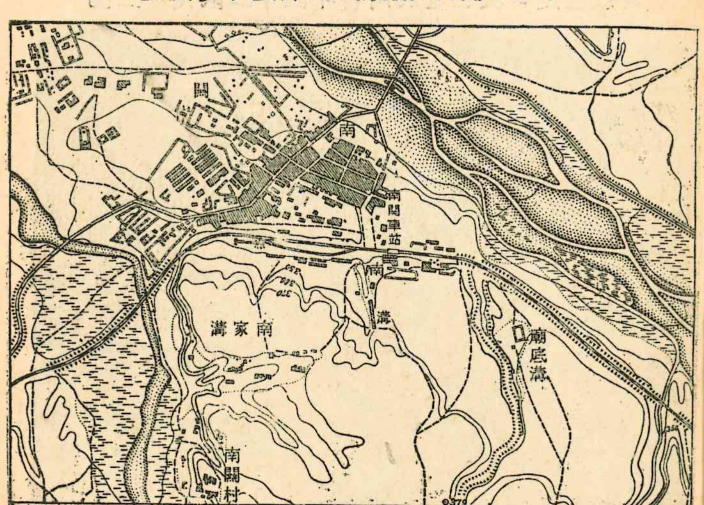
行政院新聞局印行

中華民國三十七年二月

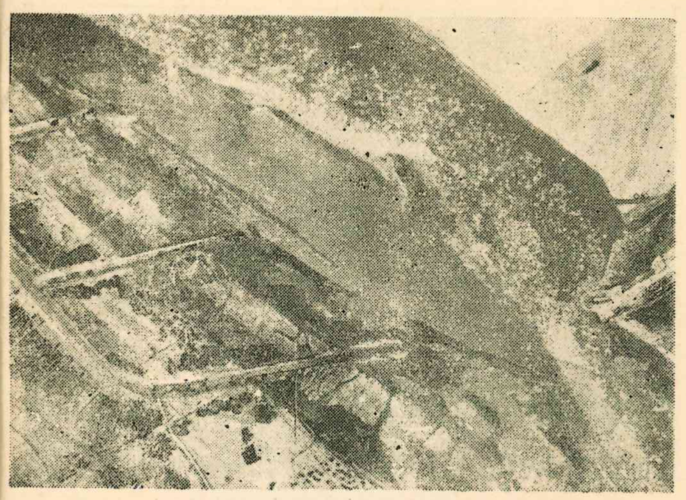
水利航空測量

水利航空測量目錄

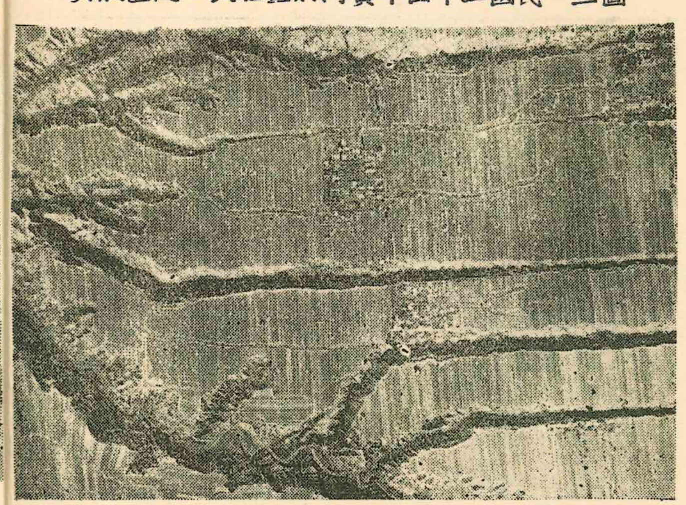
圖一 河南陝縣南關航測照片圖（參閱圖二）



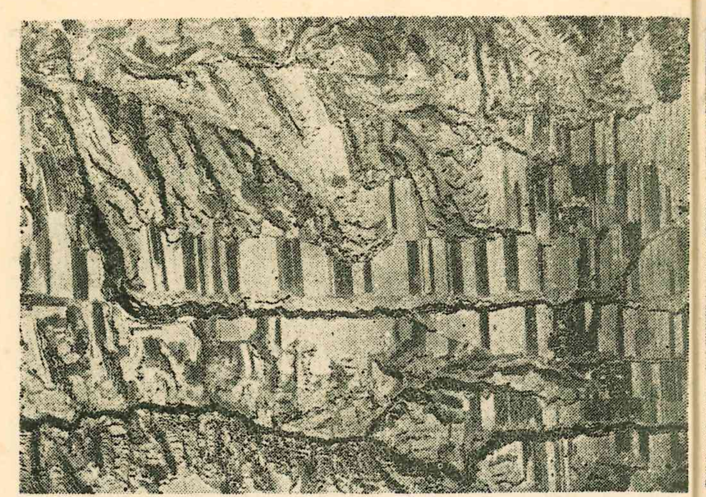
圖二 河南陝縣南關航測地形圖（與圖一對照）



圖三　民國二十四年黃河於董莊決口泛濫成災



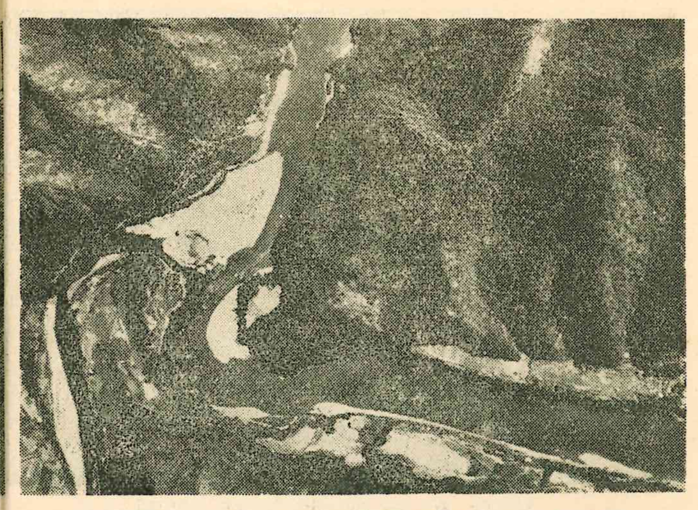
圖四　黃土為雨水冲刷漸成溝渠



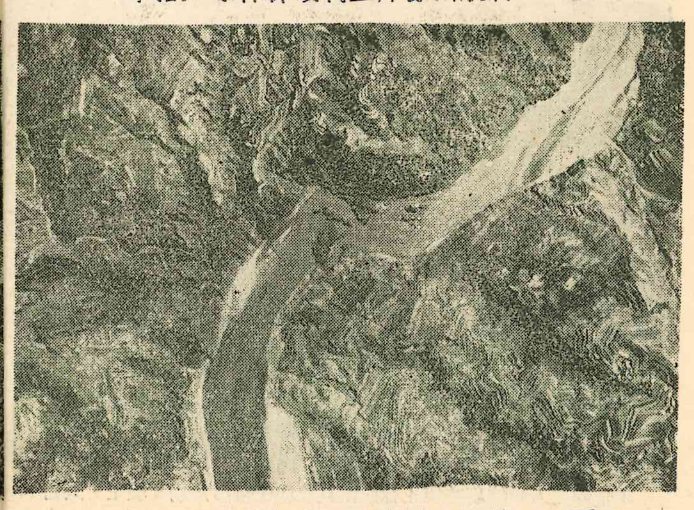
圖五　黃土冲刷歷久愈甚



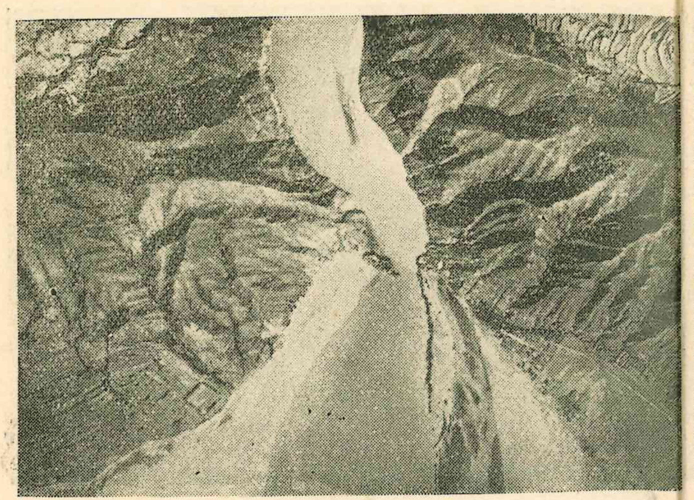
圖六　土壤冲刷愈多最後則成巨壑此種土壤冲刷情形人工測量不易測得真貌而於航攝像片上最易判讀倘逐年攝影一次可測算土壤之冲刷量



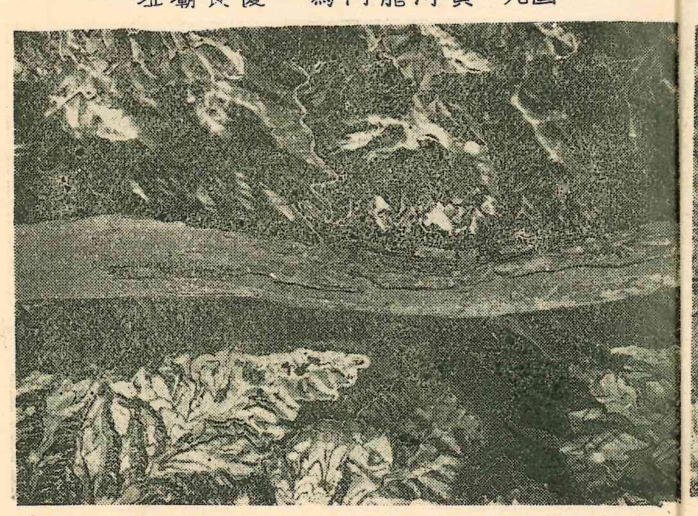
圖七　於航攝像片上判讀森林瞭如指掌



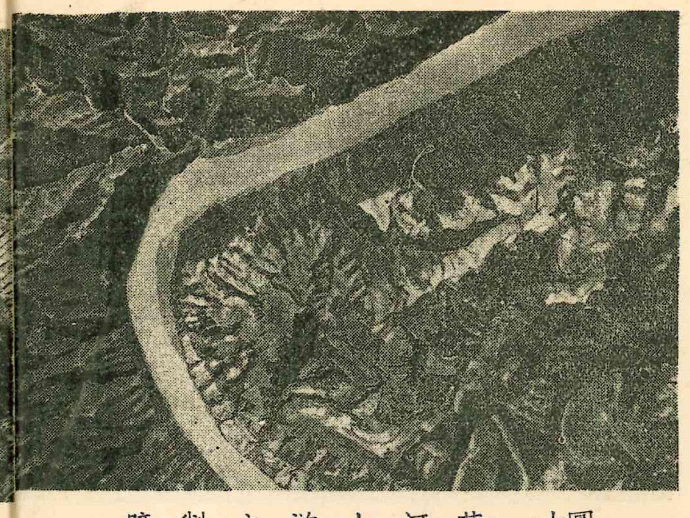
圖八　黃河三門峽形勢險狹可以築壩蓄水



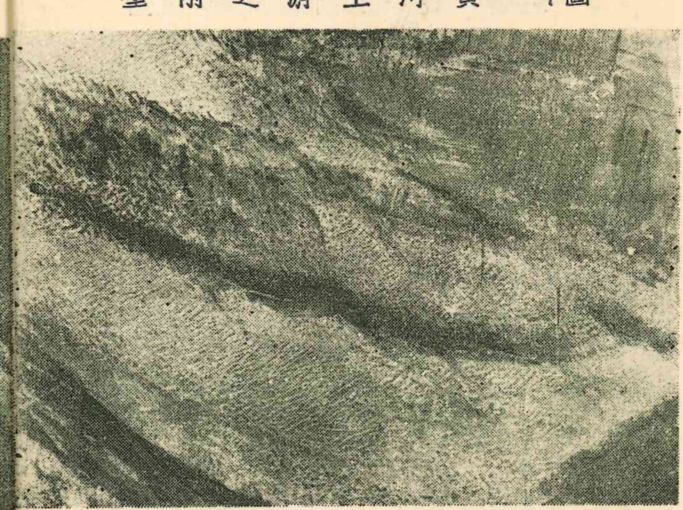
圖九　黃河龍門為一優良壩址



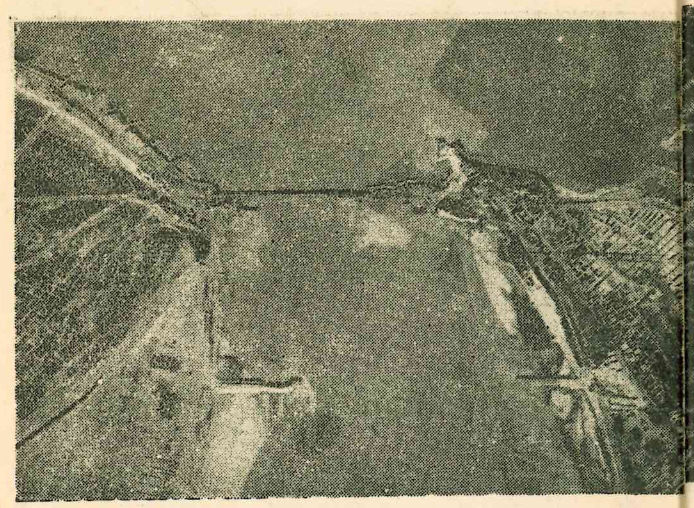
圖十　黃河於壺口河床陡落亦適於築壩



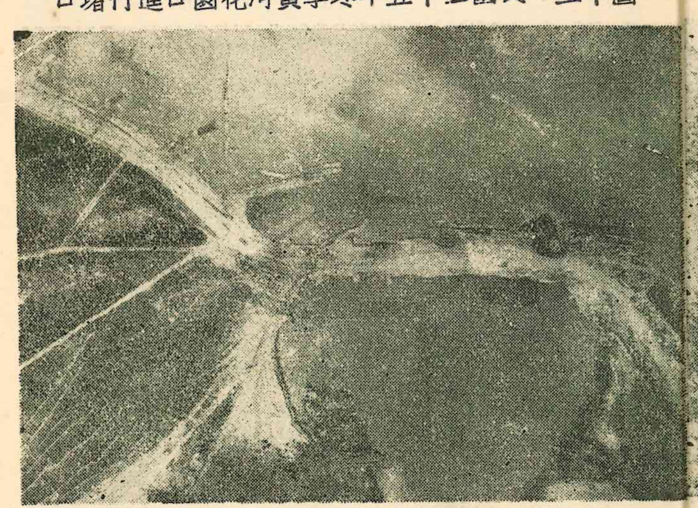
圖十一　黃河上游之削壁



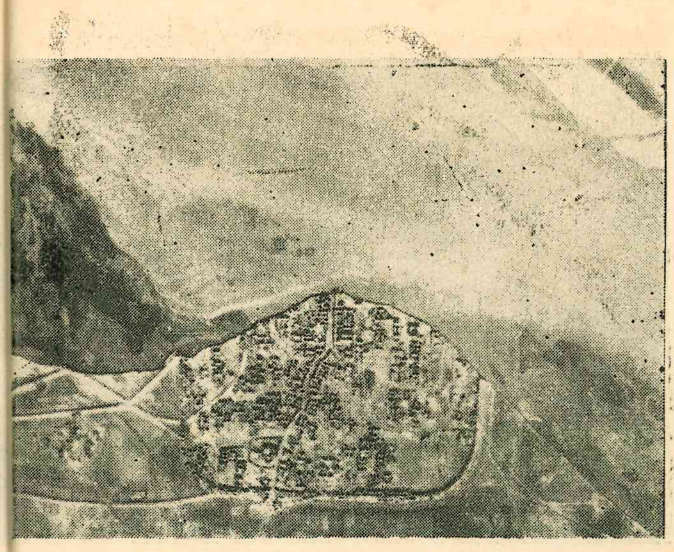
圖十二　黃河下游之沙灘



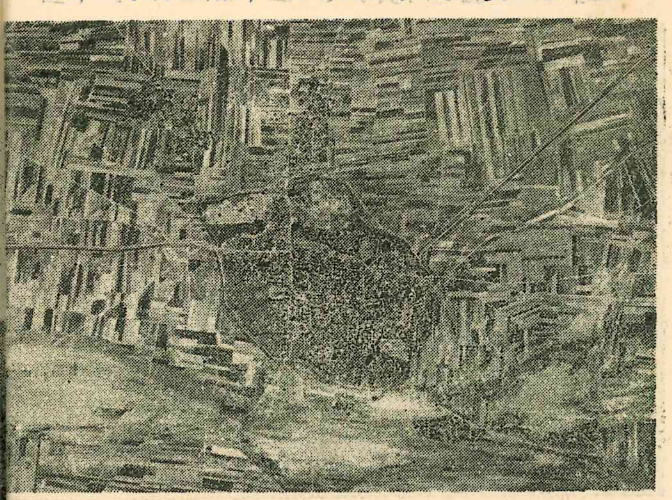
圖十三　民國三十五年冬季黃河花園口進行堵口



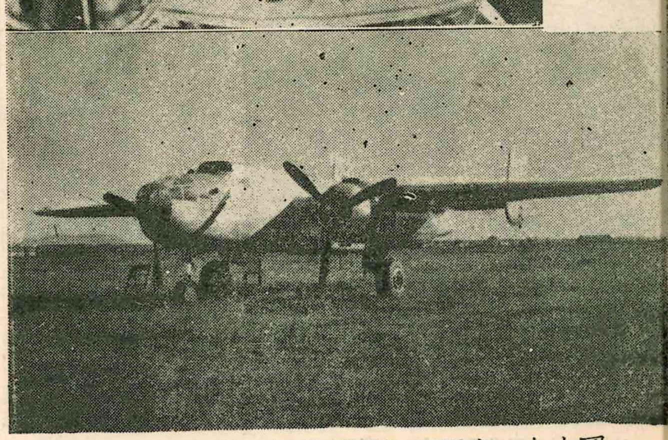
圖十四　三十六年春花園口堵口合龍



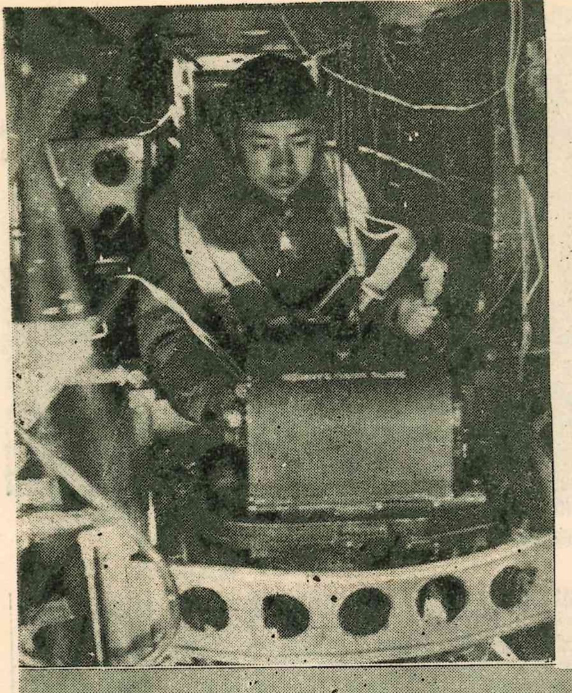
圖十五　黃河泛區航攝像片（河南鄭縣京水鎮）



圖十六　堵口後泛區水勢漸退（河南通許底閣）



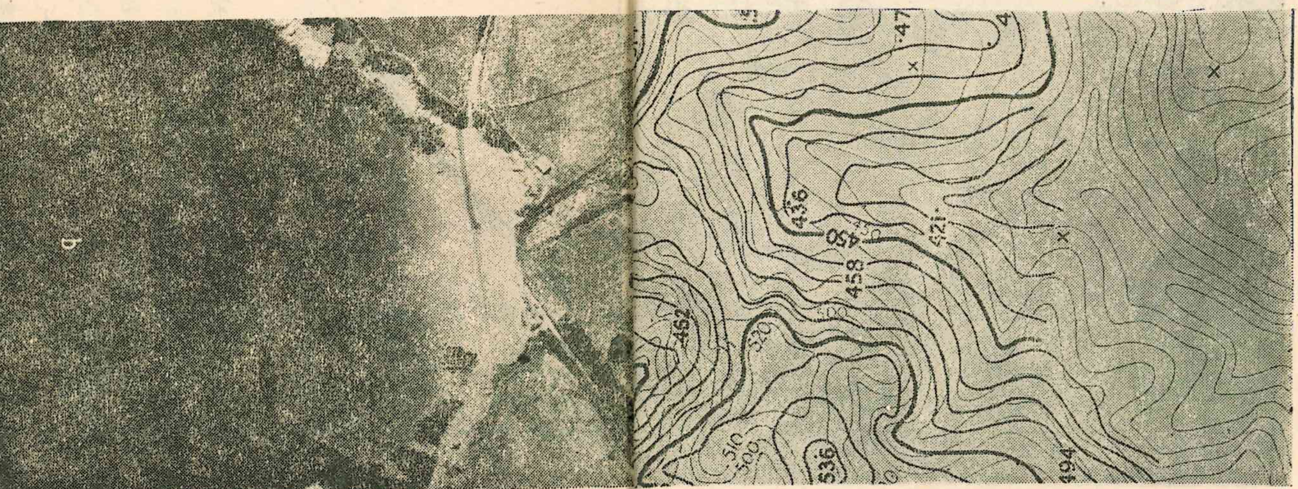
圖十七　空軍B-25型轟炸機改裝為航測飛機



圖十八　飛機內航攝機之裝置及攝影通訊情形



圖十九　利用雷達測定飛機飛行時之空間位置而由飛機作垂直攝影以測繪地圖之初次試驗圖中粗線所繪之道路與舊圖道路作比較



圖二十　如前利用雷達試驗測繪等高線(粗線)與舊圖比較雷達站之最近距離爲八十五英里

圖二十一　加用綠色濾光鏡攝取清水河底之像片可透視至三十英尺之深度

圖二十二　同前清水河底用紅色濾光鏡攝影能見之深度較淺

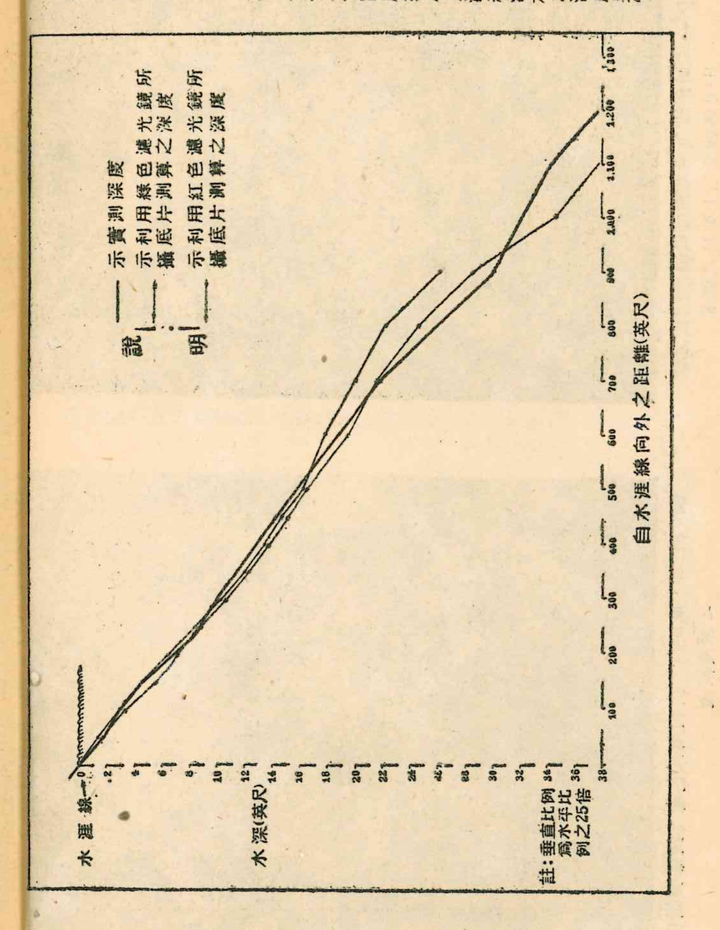
水利航空測量

一、概論

測量爲建設必需之基本工作，往昔專藉人工爲之，時間物力，消耗頗多，而遇地形複雜，交通阻梗之時，困難叢生，推進不易。自第一次世界大戰後，隨攝影術與航空器之進步，航空測量學術，迅速發展，方法儀器，日臻完善，予整個測量事業以絕大之革新，地形測量之困難，因之大爲減少。

地圖爲地面之平行投影，像片爲景物之中心投影，空中垂直攝取之像片，實與地圖具有相似之作用。航空攝影測量，係由飛機攝取地形像片，利用少數實測之控制點，藉光學器械，或作簡捷之平面糾正，或作精密之立體測繪，使由中心投影，變爲平行投影。如此測量方法，可將大部外業變爲內業，而以機械代替多數人工，其經濟、迅速、準確、詳盡，實非其他測量方法所可比擬。

人工實測地形，其足跡必須遍及於測區之每一角落，雖荒山大澤，人跡罕至之地，亦須登臨



圖二十三 利用圖二十二及二十四所攝底片測繪河水之深度與實測之深度作比較

跋涉，方官施測，遇瘴癘爲害或交通不便之區，往往無法進行，故其工作之艱辛困阻，有非吾人所可想像者。而航空測量於攝影之時，則不論山陬海澨，無不於短期間得其全貌以歸。於是在室內利用光學儀器，從容描繪，無虞阻滯。近今因空中三角測量方法之日益進步，更可儘量減少實測之控制點，即於調査工作，亦可借助立體觀察，不必處處實地履勘。以是少數外業人員，可以避難就易，不感困難，較諸人工測量確爲便捷矣。

航測製成之地圖，精確逼眞，且可利用照片圖爲之參考，（附圖一及二）一木一屋之微，無不瞭如指掌，實予用圖者以莫大之便利。復因航攝之底片可以長久保存，事後之檢査甚易，地面有陵谷滄桑之變，亦可藉補攝而迅速修正其原有之地圖，諸如此類之優點，誠不勝枚舉也。

航空測量之方法，德國採用最早。據德國測量局於一九二九年所作之試驗，擇「叟爾特」（Sylt）島上之一小區域，面積約二、一平方公里，作航空測量與人工測量之比較，在同樣之精度下，航測所耗時間及經費，僅爲人工測量之半數，故航空測量之經濟迅速，已爲歐美各國所公認，不待贅述。

二、航測對於水利之特殊功效

航空測量之一般功效，已如上述，而用以測量水道，更足顯示其優點，茲摘述之：

（一）迅速　水道之變遷甚速，治水者常欲於短期內獲取其變遷之全貌，以爲設計之根據，然此非人工測量所能辦到，而航測可於最短期間達成之。嘗憶民國二十四年長江黃河同時泛濫成災，而黃河在董莊決口，潰水南流，泛區尤廣。（附圖三）全國經濟委員會力謀堵救，苦於無圖計劃，乃委託陸地測量總局航測隊派機分飛泛區攝影。爲時僅兩日，即將江河災區與黃河決口處之照片圖攝製完成，效用神速，於此可見一斑。

（二）詳確　航空攝影，爲河道之寫眞，沙灘、堤岸、水涯線等，羅列詳盡，一覽無遺。他如土壤之沖刷情形，（附圖四至六）森林之分佈地帶，（附圖七）農田之灌溉狀況，上游之蓄水區域，（附圖八至十）以及水位漲落時，河湖港汊之種種實況，莫不爲治水者所欲知，而皆得於像片上判讀之。便利設計，供獻實多。

（三）適用於艱阻之地區　河道上游，多爲崇山峻嶺，懸崖削壁，（附圖十一）及森林蔭蔽之區。而下游川渠縱橫，港汊交錯，春夏水漲，煙波浩渺，秋冬水涸，半成沙灘，（附圖十二）凡此艱阻地區，均不適於人工施測，而航空測量，則運用自如，無所阻滯。

以上不過略述其一二優點。倘能善爲應用，必可減少水利測量之無數困難，而可供設計者以精密寶貴之資料。

三、水利航測機構之沿革

我國採用航空測量，始於民國十九年浙江水利局。初因設備不全，且屬地方性質，不免多所困難。旋即由前參謀本部陸地測量總局接辦，以測製軍用地圖爲主，間亦用之於水利方面，頗具成效，因之漸爲國內水利專家所注意。迄民國二十五年，前全國經濟委員會水利處，特撥鉅欵，購置飛機及各項航測器材，並與前陸地測量總局洽商合組水利航空測量隊，藉專責成。二十六年一月正式成立於南京。內設事務、航攝、糾正、製圖四組，及控制測量分隊一隊。首先航攝黃河陝州至河曲、及支流汾水、洛水、延水等流域。方期從事製圖，適以抗戰軍興，西遷長沙。翌年以種種關係，隊務奉命結束，飛機亦爲航委會所徵用，此雛形粗具之事業，因而遽告中止。至民國三十年，經濟部鑒於抗戰接近勝利，建國工作，刻不容緩，對於整理後方水道，發展農田水利，均須進行測量，藉可利用此價值鉅大之儀器，而不使其廢置。遂由中央水利實驗處商得陸地測量總局之同意，恢復水利航測隊于桂林。幾經擘劃，漸復舊觀。業務則仍就前攝之黃河底片，加以整理。除爲供應立體製圖之需要，曾派遣控制測量分隊出發黃河華陰朝邑一帶施測控制點外，並着意於儀器之檢點，人員之訓練，以備來日業務開拓之需。至三十三年六月，因湘桂戰局關係，復由桂林遷移重慶之北碚，繼續工作。未幾抗戰勝利，政府還都，該隊亦奉命於三十五年上半年內復員回京。爲適應國家大規模水利建設之需要，如黃河泛區之善後整理，江河水之規劃與

修，均應以航測地圖爲依據。該隊乃於是年秋間擴展組織，一面補充人員，添購器材，一面積極展開工作，如糾正製圖，及控制測量之賡續，並與空軍第十二中隊合作航攝黃河泛區河及黃孟津至陝縣段水庫區。現在黃河泛區攝影，差近藏事，（附圖十三至十六）黃河孟津至龍門段之本支各流地形圖，多已製成。茲更將該隊現時組織，及儀器設備，概述如次：

甲、組織、該隊經三十五年九月呈准擴展組織後，隸屬於水利部中央水利實驗處，並受國防部測量局之指揮。內設總務、糾正、製圖、縮繪四組，技術，會計二室，外轄航空攝影分隊一隊，控制測量分隊六隊。該總隊隊址設於南京清涼山中央水利實驗處內。

乙、儀器設備、該隊成立之初，曾具有蓉克斯飛機一架，蔡司長短焦距航攝機各一具，蔡司自動糾正儀兩具，蔡司寬角六鏡多倍投影製圖儀兩架，及其他各種繪圖儀器多種。歷經變故，大部尚能保存。惟飛機於廿七年爲航委會徵用，至今該隊未能添購，對於業務影響甚大，即其他儀器設備，均待請准外匯，分別添購，藉資充實，以利進行。

四、十年來之工作概況

水利航測隊開辦迄今，時閱十載，惟以抗戰期間，備受種種限制，未克發揮其固有之效能，

然猶賴從事人員淬勵不懈，仍能推進業務。茲將水利航測之作業程序，及該隊歷年來之各種成果分述於次：

甲、水利航測之作業程序

一、空中攝影　此為航空測量之第一步工作，乃用航攝機裝置於飛機上，飛臨測區上空，作單航線或複航線之自動連續攝影。其事前常須利用舊有較簡之地圖，作周詳之計劃。攝影時，除駕駛與照相人員外，通常尚需領航者，按照預定計劃，指揮航線，以收分工合作之效。攝影後，再將底片沖洗、晾乾、編號、交付晒印。（附圖十七、十八）

二、糾正　因航攝時飛機高度及攝影方向均難一致，故所攝底片之比例尺，常有差異。為便於鑲嵌成圖，必先按照所需比例尺，依據輻射三角點或實測控制點，用自動糾正儀糾正之，使趨一律。然後晒成照片，拼接鑲貼，成為照片圖。如地區平坦，可以之攜赴實地調查註記，補測等高線，而成地形圖。倘遇次要地區，其高程精度規定稍遜者，亦可利用反光立體鏡及視差測繪尺補測之。

三、立體製圖　河道上游，常為崇山峻嶺，糾正方法，不復適用，可藉雙像投影製圖法，將底片縮小，置入多倍投影製圖儀，（用精密立體製圖儀者，不必縮小底片。）使地形變為光學模型，而就模型測繪之。此種立體製圖方法，普通以實測控制點為依據，但以空中三角測量之進步

，不必於每一立體重疊範圍內均有實測之點。用此法製成之圖，地貌真實畢肖，遠非人工作測量所可企及。

四、控制測量　為供應糾正及立體製圖之需要，須於航攝後，攜帶照片及測量儀器，前往實地按照預定範圍測量三角點，水準點，以資控制，並兼事調查，註記，及補測等高線各項工作。

五、縮繪　地形原圖，經立體製圖之方法繪就後，其比例尺常較所需成圖比例尺為大，倘須複照縮小，並加清繪，至此原圖已成，即可付印矣。

乙、水利航測隊歷年所有成績，就其各部門擇要列後：

一、航空攝影　該隊航空攝影工作，除最初成立半年內曾經實施外，抗戰期間，久陷停頓。還都後與空軍第十二中隊合作，再度恢復工作。其先後所完成攝影之地區及面積如下表：

地區	像比例尺	完成攝影面積	航攝年月
黃河陝縣至包頭、及支流延水、洛水、汾水、渭河諸流域	二萬五千分一	一二〇、〇〇〇平方公里	二十六年五月至七月
黃河孟津至陝縣段水庫區	三萬分一	二、五〇〇平方公里	三十六年四月
黃河泛區花園口至朱仙鎮段	三萬分一	一、四八〇平方公里	三十六年四月

黃河泛區朱仙鎮至太和段	二萬五千分一	六、八〇〇平方公里	三十六年九月至十一月
合計		三〇、七八〇平方公里	

二、控制測量　該隊控制測量分隊，於民國二十六年底，曾測有黃河潼關至陝縣段之導線點三百餘點。至三十二年恢復工作。又因測區係黃河中游兩岸，抗戰時期，作業至感困難。然猶相機進行，頗具成果。詳見下表：

地區　數量　項目	基線(條)	指角(點)	三角點(點)	導線點(點)	水準(公里)	調繪照片面積(平方公里)	作業時期
陝縣至潼關				377		1800	二十六年
潼關—華縣—大荔—朝邑—潼關	2	2	166	123	214	1468	三十三年至三十五年
潼關至芝川		1	196		210	1150	三十五年
三門峽至陝縣	1		27	9	15	45	三十五年
孟津至三門峽	1		57		122	540	三十六年
芝川至龍門	1		49		45	372	三十六年
合計	5	3	495	509	606	5375	

三、糾正　糾正部門歷年除完成該隊自攝各區之照片圖外，並就國防部測量局蒐集有關水利之航攝底片，加以晒印，鑲嵌成圖，為數不少。近年應各方之需要，且曾代製照片圖若干。併載下表：

區域	面積(平方公里)	比例尺	完成年月
黃河陝縣至潼關段	一、五六三	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
黃河東岸聞喜永濟間八縣地區	三、五八七	二萬五千分一及一萬分一	三十一年
黃河西岸朝邑華縣蒲城間七縣地區	一、七九七	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
汾河河津至襄臨段	一、六九一	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
黃河禹門口至河曲段	七八八	二萬五千分一及一萬分一	三十一年
黃河支流仕望川下流	二〇〇	二萬五千分一及一萬分一	二十六年

昕水流域	八三二	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
延水流域	五〇五	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
洛河支流葫蘆河流域	三二八	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
洛河流域	一、〇九一	二萬五千分一及一萬分一	二十六年
黃河潼關至龍門北段	四〇六	二萬五千分一及一萬分一	三十二年
涇水流域	二六八	二萬五千分一	三十一年
渭河流域	二、五六〇	二萬五千分一	三十三年
黃河孟津至陝縣段	二、二六九	二萬五千分一	三十六年九月
黃河故道范縣至齊河段	四二七	二萬分一	三十六年四月
長江宜昌忠縣段	九〇〇	二萬五千分一	三十三年
黃河泛區花園口至朱仙鎮段	五〇〇	二萬五千分一	三十六年五月
黃河泛區朱仙鎮至周家口段	三、〇〇〇	二萬五千分一	三十六年九月

南京市	二七八	一萬分一及二萬分一	三十六年八月
合計	二二、九八九		

四、製圖　立體製圖，在二十七年以前，已完成黃河陝潼段二萬五千分一地形圖二十二幅，計面積一、四二〇平方公里，並已印刷應用。近年先後完成黃河潼關至芝川段，及渭河洛河流域等處二萬五千分一地形圖共三十六幅，計面積二、六一八平方公里，已清繪完竣，即擬付印。其他如孟津至三門峽段，及芝川至龍門段等，則尚在繪製中。

以上係就過去成果，加以臚列。至若歷年來對於儀器之保存檢修，人員之訓練培養，技術之研究改進，實於航測事業之發展，亦大有裨益也。

五、水利航測之展望

檢討水利航測隊之過去，其編制、設備、以及經費，均未能充實完備，又值抗戰期間，諸多窒礙，實未能發揮航空測量之宏效。勝利以還，建設大業，不容或緩，而水利建設，攸關民生至切，尤當積極推進。然言建設，必先有計劃，言計劃，必先有地圖，優良之計劃，繫於優良之地圖。況現代水利事業，由河道本身之治理，擴展為全流域多目標之通盤設施，範圍愈大，需圖愈

多，故水利測量任務，至爲重要。近者各流域水利工程機關，均擬利用航空測量，測製大面積流域地形圖，今後水利航測隊之任務，頓感異常繁重。茲將各流域急需航測之地區，面積，列表如次：

地區	面積（平方公里）	比例尺	辦理情形
黃河流域（龍門以上）	五〇、〇〇〇	二萬五千分一	龍門至河曲已攝有底片
漢水下游	二六、〇〇〇	一萬分一	航攝工作已與空軍總部訂立合同籌備進行
江漢區域九江至宜昌間	二五、〇〇〇	一萬分一	在計劃中
淮河流域	一六三、〇〇〇	二萬五千分一	在計劃中
金沙江宜賓至金江街段	一一、〇〇〇	二萬五千分一	在計劃中
珠江流域	三四〇、〇〇〇	一萬分一	擬先測珠江三角洲約一萬平方公里在計劃中
其他湖泊區域	五〇、〇〇〇	一萬分一	在計劃中
合計	六六五、〇〇〇		

該隊於此，自屬責無旁貸，樂於接受此巨大業務，冀從而發揮航測之功效。惟該隊儀器設備，以及房屋、經費、諸端、猶未能配合需要。「工欲善其事，必先利其器。」該隊此後欲其工作得以大規模開展，實首須添置工具，充實設備。

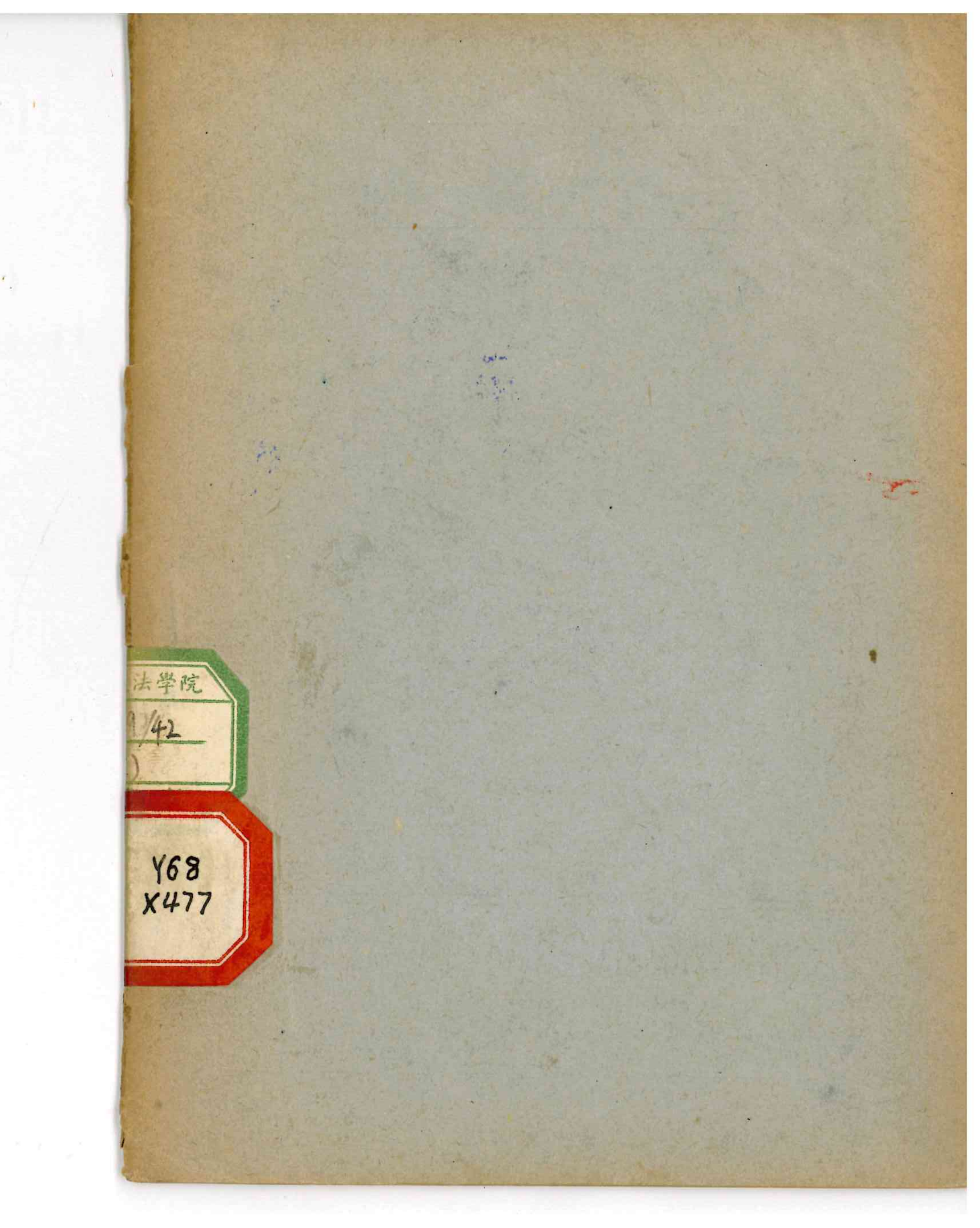
六、結論

航空測量，迅速精確，事簡效宏，歐美各國於是項學術，互相發明，各有獨到之處，在應用方面，亦早已普遍。惟隨國情不同，略有方法與重點之差，德國爲航測學術之先進國家，其儀器製造精良，向爲世所稱道，其測量局之攝影測量科，於一九一二年即已成立，參加修測全國二萬五千分一基本地圖，在此次大戰前開始新測全國五千分一基本地圖，幾全部採用航測。瑞士自一九二四年採用攝影測量，一九二八年創辦航空測量，測製地籍圖，並作完成全國五千分一基本地圖之準備，其所造航測儀器之精密靈巧，較諸戰前德國，並無稍遜。荷蘭應用航測始於一九三一年，因地域平坦，多用糾正方法，惟於大比例尺酌用雙像製圖法，成果均頗佳良。英國利用航測勘測其殖民地，以面積遼闊，多用較簡單之儀器及方法，精度遜而進度速。美國航測應用甚廣，辦理者有政府機關，亦有民營公司，如海岸及大地測量局，地質調查所，工程師團，土壤培養局，地理學會，費爾柴航測公司等，均分頭辦理航攝及製圖工作。其所採方法，視需要而有精粗之



別。惟因幅員廣闊，故攝影多用三鏡頭及五鏡頭聯配之航攝機，製圖控制點，亦以用輻射三角點爲主，藉增速效。近年爲便於應用，將地形圖之反面，加印照片圖，是其特點。以上乃各國應用航測之大概。至於學理鑽研，技術改進，仍在日新月異中。近更利用雷達，測定飛機在飛行時之空間位置，由此垂直攝取之像片，可選用以測繪地形，不勞控制測量之實地奔波。此法雖在初期試驗中，然其前途必有可觀。（附圖十九及二十）最近復有於航攝機加用綠色濾光鏡，自飛機上攝取清水之河底像片，而繪出其深度，（附圖二十一至二十三）誠可謂日新又新矣。

現我國除國防部測量局有航測隊担負工作外，其他各建設部門中，僅水利方面有一航測隊。而該隊之設備，尚未充實。苟欲其於未來建設大業中有更多之貢獻，猶待各方之積極提倡，並予以愛護也。


法學院
Y68
X477